

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EPO 4110542

REC'D	08 OCT 2004
WIPO	PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 43 640.5

**Anmeldetag:** 20. September 2003

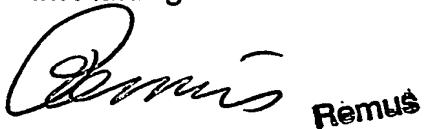
**Anmelder/Inhaber:** Deere & Company, Moline, Ill./US

**Bezeichnung:** Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder  
industrielles Nutzfahrzeug und Verfahren zum  
Betreiben eines Lenksystems

**IPC:** B 62 D, B 60 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 24. Juni 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Römus

Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems

Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug, insbesondere für einen Traktor. Für jede Achshälfte einer Achse - vorzugsweise einer Vorderachse - des Nutzfahrzeugs ist ein elektrischer Antrieb vorgesehen, mit welchem mindestens ein der jeweiligen Achshälfte zugeordnetes Rad antreibbar ist. Der elektrische Antrieb ist derart ansteuerbar, dass von dem elektrischen Antrieb ein vorgebares Drehmoment auf das von ihm angetriebene Rad übertragbar ist. Vorzugsweise sind die einer mechanischen Antriebsachse - insbesondere einer Hinterachse - des Nutzfahrzeugs zugeordneten Räder mit einem mechanischen Antrieb des Nutzfahrzeugs antreibbar. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems.

Ein mechanischer Antrieb eines Nutzfahrzeugs wird im Allgemeinen von einem Verbrennungsmotor mit einem Getriebe zu Verfügung gestellt. Insbesondere bei landwirtschaftlichen oder industriellen Nutzfahrzeugen werden die der Hinterachse des Nutzfahrzeugs zugeordneten Rädern von dem mechanischen Antrieb über ein Getriebe und ein dem Getriebe nachgeschaltetes Differentialgetriebe angetrieben.

Aus der DE 196 23 738 A1 ist ein Nutzfahrzeug bekannt, welches einen mechanischen Antrieb in Form eines Verbrennungsmotors aufweist, mit welchem die Räder einer Antriebsachse antreibbar sind. Jedem Rad dieser Antriebsachse ist ein Summengetriebe zugeordnet, welches die mechanische Ausgangsleistung der Antriebswelle und die Leistung eines Elektromotors kombiniert und an das Rad abgibt. In einer Ausführungsform des aus der DE 196 23 738 A1 bekannten Nutzfahrzeugs ist eine Fahrzeugachse vorgesehen, die rein mit elektrischen Einzelradantrieben versehen ist. Diese elektrischen Einzelradantriebe werden von

einem Generator gespeist, welcher vom Verbrennungsmotor angetrieben wird. In einer weiteren Ausführungsform werden von einer elektronischen Steuerung Signale von Lenkwinkelsensoren zur Erfassung der Lenkwinkel der lenkbaren Räder sowie Signale von Raddrehzahlsensoren ausgewertet. Die Steuerung berechnet sodann für jedes Rad aus vorgebbaren Soll- und den gemessenen Istdrehzahlen und aus errechneten Soll- und den gemessenen Istwinkeln Drehzahlvorgaben, aufgrund derer die Elektromotoren derart angesteuert werden, dass bei einer Kurvenfahrt ein Drehzahlausgleich der durch die Elektromotoren angetriebenen Räder erfolgt. Hierbei werden entsprechend der Fahrzeuggeometrie und der Abhängigkeit des Lenkwinkels beider Räder von den elektrischen Einzelradantrieben über die Räder gleiche Kräfte auf den Untergrund übertragen. Diese Ansteuerung genügt der Ackermann-Bedingung, welche beispielsweise aus der EP 0 553 670 B1 bekannt ist.

Grundsätzlich ist es zum Erreichen einer maximalen Zugleistung insbesondere für landwirtschaftliche oder industrielle Nutzfahrzeuge erforderlich, dass die Vorderachse entsprechend der Achslastverteilung ihren Teil an übertragener Leistung des Nutzfahrzeugs auf die Fahrbahn übernimmt. Da aber bei Kurvenfahrten die Vorderräder aufgrund der Fahrzeuggeometrie und insbesondere einer mechanischen Lenkung einen größeren Kurvenradius durchfahren als die Hinterräder, müssen diese eine größere Umfangsgeschwindigkeit aufweisen, da sonst ein schlupffreies Abrollen der entsprechenden Räder nicht möglich ist. Nun ist bei den heutigen Standardtraktoren - also nicht bei dem aus der DE 196 23 738 A1 bekannten Nutzfahrzeug - das Drehzahlverhältnis der Räder zwischen Vorder- und Hinterachse starr. Somit muss ein Kompromiss zwischen einer engen Kurvenfahrt und einer Geradeausfahrt eingegangen werden.

Dieser wird dadurch realisiert, dass die Vorderräder eine Voreilung zu den Rädern der Hinterachse von circa 4% aufweisen, das heißt die Räder der Vorderachse drehen

schneller als die der Hinterachse. Bei einer Geradeausfahrt tritt daher eine Verspannung sowie Blindleistung zwischen den Antriebsachsen auf, welche nachteilig für den Fahrwerkswirkungsgrad sind, das Getriebe zusätzlich belasten, einen erhöhten Reifenverschleiß zur Folge haben und den Untergrund bzw. die Fahrbahn beschädigen können, insbesondere bei Feldarbeiten mit einem Traktor.

Bei engen Kurvenfahrten dagegen reicht die Voreilung insbesondere des kurvenäußersten Rads nicht mehr aus und es treten sogar Bremsmomente an den Vorderrädern ab einem bestimmten Lenkeinschlag auf, welche sich negativ auf das Fahrverhalten des Traktors auswirken. Die Vorderachse überträgt somit auch keine Zugkraft mehr. Es gibt also nur einen bestimmten Lenkwinkel mit einem dazugehörigen Kurvenradius, bei welchem nahezu ideale kinematische Fahrverhältnisse vorliegen. Daher wird der Vorderachsantrieb bei vielen Traktorherstellern ab einem gewissen Lenkwinkel abgeschaltet. In diesem Fall wird dann aber wiederum keine Zugkraft von der Vorderachse übertragen.

Diese Probleme könnten mit einem aus der DE 196 23 38 A1 bekannten Nutzfahrzeug gelöst werden, jedoch ist die Ausbildung einer hybriden Antriebsachse konstruktiv aufwendig und daher teuer.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Lenksystem und ein Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems der eingangs genannten Art anzugeben und weiterzubilden, durch welches die vorgenannten Probleme überwunden werden. Insbesondere soll ein Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug angegeben werden, mit welchem auch bei Kurvenfahrten von den von den elektrischen Antrieben angetriebenen Rädern Zugkräfte übertragen werden, wobei insbesondere Bremsmomente an diesen Rädern bei bestimmten Lenkeinschlägen vermieden werden soll.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Erfindungsgemäß ist ein Lenksystem der eingangs genannten Art dadurch gekennzeichnet, dass zum Unterstützen oder zum Bewirken eines Lenkens des Nutzfahrzeugs das zu übertragende Drehmoment eines kurvenäußersten Rads größer als das zu übertragende Drehmoment eines kurveninneren Rads ist.

Erfindungsgemäß ist zunächst erkannt worden, dass durch das Vorsehen eines elektrischen Antriebs für jede Achshälfte einer Achse des Nutzfahrzeugs, vorzugsweise einer Vorderachse, das jeweils dieser Achshälfte zugeordnete Rad mit dem elektrischen Antrieb unabhängig von dem Rad der anderen Achshälfte dieser Achse angetrieben werden kann. Hierdurch ist es nicht erforderlich, die Räder dieser Achse mit einem mechanischen Antrieb des Nutzfahrzeugs über ein mechanisches Getriebe anzutreiben. Eine solche Lösung würde zur Einstellung unterschiedlicher Umdrehungszahlen an den Rädern der Vorderachse ein kompliziertes und somit auch teures mechanisches Getriebe erfordern. Eine wesentliche Komponente des erfundungsgemäßen Lenksystems stellt auch die Drehmomentansteuerung der Räder dar, welche von einem elektrischen Antrieb angetrieben werden. Grundsätzlich ist eine drehzahlgesteuerte Ansteuerung einfach zu realisieren. Hierbei kann jedoch nur unzureichend sichergestellt werden, dass die Vorderachse bei allen Lenkbedingungen eine vorgebbare Zugleistung des Nutzfahrzeugs übernimmt. Eine drehmomentgesteuerte Ansteuerung der von den elektrischen Antrieben angetriebenen Räder kann somit zu einem verbesserten Fahrverhalten des Nutzfahrzeugs bei einer Kurvenfahrt führen, da die Ansteuerung derart erfolgen kann, dass in einer Kurvenfahrt auch von der Vorderachse eine Zugleistung übertragen werden kann. Eine drehmomentgesteuerte Ansteuerung

der elektrischen Antriebe ist ebenfalls einfach realisierbar, da das übertragene Drehmoment eines elektrischen Antriebs anhand der von dem elektrischen Antrieb aufgenommenen elektrischen Leistung sowie anhand der hierbei vorliegenden Drehzahl ermittelbar ist.

Durch die Ansteuerung des kurvenäußersten und des kurveninneren Rads mit unterschiedlichen Drehmomenten ist in besonders vorteilhafter Weise eine aktive Lenkung des Nutzfahrzeugs auch dann möglich, wenn der Lenkwinkel der von den elektrischen Antrieben angetriebenen Rädern und der hieraus resultierenden Geometrie nicht der Ackermann-Bedingung genügt. Jedenfalls ist durch diese Ansteuerstrategie ein auf die jeweilige Lenksituation abgestimmte optimale Leistungsübertragung der einzelnen Räder auf den Untergrund und somit eine optimale Fortbewegung des Nutzfahrzeugs möglich.

Grundsätzlich ist zur Ansteuerung der elektrischen Antriebe eine Steuereinheit vorgesehen, welche beispielsweise in Form eines Einplatinencomputers ausgeführt sein könnte. Das vorgebbare Drehmoment ist in einer bevorzugten Ausführungsform aus dem momentanen Betriebszustand des Nutzfahrzeugs ableitbar. Unter einem momentanen Betriebszustand kann beispielsweise eine Geradeausfahrt, eine Kurvenfahrt, eine Vorwärts- oder eine Rückwärtsfahrt des Nutzfahrzeugs verstanden werden. Weitere Parameter, welche den momentanen Betriebszustand des Nutzfahrzeugs charakterisieren, sind beispielsweise die Drehzahl des Verbrennungsmotors, der momentane Zustand eines Fahrgetriebes bzw. Lastschaltgetriebes, eine mögliche Zuglast des Nutzfahrzeugs oder eine sich verändernde Achslastverteilung des Nutzfahrzeugs, wie sie beispielsweise bei Frontladearbeiten auftreten kann. Dementsprechend sind hierzu Sensoren vorgesehen, welche den momentanen Betriebszustand des Nutzfahrzeugs detektieren und der Steuereinheit zuleiten.

Das vorgebbare Drehmoment könnte zusätzlich oder alternativ auch aufgrund einer Bedienereingabe ableitbar sein. Eine Bedienereingabe könnte beispielsweise eine Betätigung eines Lenkrads des Nutzfahrzeugs durch einen Bediener umfassen. Vorzugsweise wird das zu übertragende, vorgebbare Drehmoment sowohl aus dem momentanen Betriebszustand des Nutzfahrzeugs als auch aus einer Bedienereingabe abgeleitet, so dass eine bedienergesteuerte Ansteuerung der Räder unter Berücksichtigung des momentanen Betriebszustands des Nutzfahrzeugs erzielbar ist, wodurch gewissermaßen eine intelligente Kurvenfahrt des Nutzfahrzeugs möglich ist.

Der momentane Betriebszustand des Nutzfahrzeugs betrifft insbesondere einen Lenkeinschlag einer mechanischen Lenkeinrichtung des Nutzfahrzeugs. Die mechanische Lenkeinrichtung könnte beispielsweise eine Vorderachslenkung umfassen. Somit erfolgt in diesem Fall eine Lenkung des Nutzfahrzeugs durch eine Kombination eines, drehmomentgesteuerten Antriebs der von den elektrischen Antrieben angetriebenen Räder und einer mechanischen Lenkeinrichtung, so dass in vorteilhafter Weise anwendungsspezifische Lenkstrategien umgesetzt werden können. Hierzu zählen beispielsweise ein Wenden des Fahrzeugs mit einem möglichst kleinen Wendekreis bei einer geringen Fahrzeuggeschwindigkeit oder eine Kurvenfahrt bei mittlerer Fahrgeschwindigkeit eines Gespanns, welches aus dem Nutzfahrzeug und einem Anhänger besteht.

Die mechanische Lenkeinrichtung des Nutzfahrzeugs könnte in Form einer Achsschenkellenkung, eines Drehschemels oder eines Knicklenkers ausgebildet sein. Vorzugsweise ist der momentan vorliegende mechanische Lenkeinschlag mit einem Sensor detektierbar. Somit kann mit dem Sensor der diesbezügliche momentane Betriebszustand des Nutzfahrzeugs detektiert und beim Lenken von der Steuereinheit entsprechend berücksichtigt werden.

Bei einem in Form eines Traktors ausgeführten Nutzfahrzeug, welches einen Frontlader aufweist, kann es insbesondere im beladenen Zustand des Frontladers bei einem mechanischen Lenkeinschlag und gleichzeitigem Bremsen bei einer Bergabfahrt zu kritischen Fahrsituationen kommen, da unter Umständen in diesem Fall die Lenkung nicht anspricht oder die Lenkung übersteuert ist. Ein Maß der Drehung eines Fahrzeugs um seine Hochachse ist die Gierrate. In einer bevorzugten Ausführungsform ist daher ein Gierratensor vorgesehen, mit welchem die Gierrate des Nutzfahrzeugs detektierbar ist, wobei die detektierte Gierrate bei der Drehmomentberechnung einbeziehbar ist. Mithilfe des Gierratensors wird daher die Drehung um die Hochachse des Nutzfahrzeugs detektiert, so dass in vorteilhafter Weise kritische Fahrsituationen vermieden werden können, wobei hierzu eine entsprechende Ansteuerung weiterer Baugruppen des Nutzfahrzeugs erforderlich sein kann, beispielsweise einer Radbremse.

Vorzugsweise ist eine von einem Bediener des Nutzfahrzeugs bedienbare Eingabeeinrichtung vorgesehen, mit welcher eine Richtungsänderung des Nutzfahrzeugs vorgebar ... oder beeinflussbar ist. Unter einer Richtungsänderung ist insbesondere eine seitliche Abweichung der Fahrbewegung des Nutzfahrzeugs zu verstehen, welche als Ergebnis einer Lenkeingabe sich ergibt. Die Eingabeeinrichtung könnte beispielsweise ein Lenkrad, einen Joystick, ein Lenkpedal oder mindestens einen an einem Lenkrad des Nutzfahrzeugs angeordneten Schalter aufweisen. Falls die Eingaberichtung ein Lenkrad aufweist, an welchem ein Schalter vorgesehen ist, wäre eine nahezu herkömmliche Bedienung des Nutzfahrzeugs über das Lenkrad möglich, wenn beispielsweise der Schalter lediglich bei extremen Lenkeinschlägen betätigt werden kann. Hierdurch ist in vorteilhafter Weise eine kurze Einlernphase für einen ein Nutzfahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Lenksystem bedienenden ungeübten Bediener möglich.

Nun könnte das Nutzfahrzeug mit einem System ausgestattet sein, durch welches eine Sollfahrtrichtung vorgebbar ist. Beispielsweise könnte es sich bei einem solchen System um ein sogenanntes AMS - Agriculture Management Solutions - handeln, mit welchem beispielsweise ein in Form eines Traktors ausgebildetes Nutzfahrzeug eine Sollfahrtrichtung zur optimalen Feldbestellung empfängt, insbesondere mittels Funksignale. Ein solches System könnte beispielsweise ein Satellitennavigationssystem GPS (Global-Positioning-System) aufweisen, so dass im Idealfall ein Nutzfahrzeug auch autonom betrieben werden kann, das heißt ohne einen Bediener, da das Nutzfahrzeug vom GPS beziehungsweise AMS gesteuert einen vorgegebenen Weg durchlaufen soll. Ein solches System umfasst üblicherweise Computersysteme nebst Software, Sensoren und mobilen Steuereinheiten. In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform ist daher das vorgebbare Drehmoment aus einer Abweichung einer Istfahrtrichtung zu einer Sollfahrtrichtung des Nutzfahrzeugs ableitbar, so dass die Lenkung des Nutzfahrzeugs hierdurch entsprechend beeinflusst werden kann.

So könnte die Sollfahrtrichtung anhand einer vorgebbaren Fahrroute ableitbar sein. Die vorgebbare Fahrroute könnte zweckmäßigerweise in einer dem Nutzfahrzeug zugeordneten Speichereinheit abspeichert sein, und beispielsweise durch eine einmalige Benutzereingabe eingegeben und abgespeichert werden. Zur aktuellen Positionsbestimmung des Nutzfahrzeugs - z.B. beim Abfahren der vorgebbaren Fahrroute - könnte vorgesehen sein, dass dies anhand von Signalen eines Navigationssystems ableitbar ist, welche beispielsweise von mindestens einem Sender des Navigationssystems zum Nutzfahrzeug fernübertragbar sind. Insoweit könnte das Navigationssystem GPS umfassen, wie es für sich gesehen bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist.

Für manche Applikationen kann es vorteilhaft sein, wenn eine Fernsteuerungseinrichtung vorgesehen ist, welche mindestens

einen Sender und einen am Nutzfahrzeug angeordneten Empfänger aufweist. Mit der Fernbedienungseinrichtung ist das Nutzfahrzeug zumindest teilweise fernsteuerbar und mit ihr kann eine gewünschte Richtungsänderung des Nutzfahrzeugs von einem Bediener eingegeben werden. Beispielsweise könnte eine Fernsteuerungseinrichtung ähnliche Bedienelemente aufweisen, wie solche, die zur Ansteuerung von Modellautos oder Modellflugzeugen verwendet werden.

Ein elektrischer Antrieb weist mindestens einen elektrischen Motor auf, welcher vorzugsweise in Form eines Asynchronmotors ausgeführt ist. Asynchronmotoren sind preiswert in der Herstellung und daher kann ein erfindungsgemäßes Nutzfahrzeug mit relativ geringem Mehraufwand hergestellt werden. Vorzugsweise ist zwischen dem elektrischen Motor und dem ihm zugeordneten Rad mindestens ein Untersetzungsgetriebe vorgesehen, mit welchem eine hohe Drehzahl des elektrischen Motors auf eine niedrigere Drehzahl untersetzt werden kann, mit welcher das Rad letztendlich angetrieben wird.

Zur Erfassung des momentanen Betriebszustands des Nutzfahrzeugs ist einer bevorzugten Ausführungsform für jedes Rad ein Drehzahlsensor vorgesehen, welcher die momentane Drehzahl des jeweiligen Rads detektiert.

Ein Drehzahlsensor zur Detektion der Drehzahl eines Rads der Vorderachse könnte mittelbar oder unmittelbar an einem elektrischen Antrieb vorgesehen sein, so dass mittelbar oder unmittelbar die Drehzahl des elektrischen Antriebs gemessen wird, woraus die Drehzahl des jeweiligen Rads errechenbar ist. Dies ist insoweit vorteilhaft, als ein solcher Drehzahlsensor einfacher am elektrischen Antrieb anzuordnen und mit Leitungsverbindungen zu versorgen ist, da zum elektrischen Antrieb sowieso elektrische Leitungen verlaufen.

Ganz besonders bevorzugt ist das vorgebbare Drehmoment in Abhängigkeit der detektierten Drehzahlen der einzelnen Räder erreichbar. Insoweit liegt hierbei gewissermaßen eine Kombination einer drehzahlgesteuerten und einer drehmomentgesteuerten Lenkung des Nutzfahrzeugs vor, wenn nämlich für eine vorgegebene Kurvenfahrt ein zu schnell drehendes kurveninneres Rad der dieses Rad antreibende elektrische Antrieb als Reaktion auf die Drehzahlmessung dieses Rads ein geringeres Drehmoment auf das Rad überträgt.

Falls die Umfangsgeschwindigkeit der Hinterachse zugeordneten, mechanisch angetriebenen Räder jeweils größer als die der Vorderräder ist, so ist das Drehmoment an den Vorderrädern zu erhöhen, um die Umfangsgeschwindigkeiten aller Räder wieder anzugleichen und den Zugleistungsanteil der Vorderräder und somit der Vorderachse zu erhöhen. Falls die Vorderräder jeweils eine größere Umfangsgeschwindigkeit als die Hinterräder aufweisen, muss das vorgegebene Drehmoment an den Vorderrädern reduziert werden. Es wird also grundsätzlich versucht, eine möglichst kleine Differenz der Umfangsgeschwindigkeiten der Räder der beiden Antriebsachsen zu erreichen.

Bei Kurvenfahrten muss das kurvenäußere Rad eine höhere Umfangsgeschwindigkeit als das kurveninnere Rad aufweisen, da es - gemäß der Ackermann-Bedingung - einen größeren Kurvenradius durchfährt.

Daher ist in einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass beim Errechnen des zu übertragenden Drehmoments eines elektrischen Antriebs eines Rads die Differenz zwischen dem Mittelwert der Umfangsgeschwindigkeiten der Hinterachse des Nutzfahrzeugs zugeordneten Räder und der Umfangsgeschwindigkeit des von diesem elektrischen Antrieb angetriebenen Rads berücksichtigbar ist. Hierdurch kann in Abhängigkeit einer jeweils eingestellten Lenkwinkelgeometrie

und der jeweiligen Umfangsgeschwindigkeiten der Räder des Nutzfahrzeugs eine verbesserte Zuglastverteilung der einzelnen Antriebsachsen des Nutzfahrzeugs bei einer Kurvenfahrt erreicht werden, da in diesem Fall nahezu ideale kinematische Fahrverhältnisse vorliegen und somit keine Bremsmomente oder kein Schlupf eines Rads auftreten.

In diesem Fall wird das Nutzfahrzeug in vorteilhafter Weise beim Lenken unterstützt, indem das Drehmoment am kurvenäußersten Rad erhöht und am kurveninneren Rad erniedrigt wird. Durch diese Vorgehensweise überträgt die Vorderachse auch bei einer Kurvenfahrt entsprechende Zugleistung. Das am kurvenäußersten Rad vorgegebene Drehmoment kann bei engen Kurvenradien überproportional erhöht werden, um eine weitere Reduzierung des Wendekreises zu erreichen. Der Traktor wird dann aktiv um die Kurve gezogen.

Eine konkrete Umsetzung einer Berücksichtigung beim Errechnen des zu übertragenden Drehmoments eines elektrischen Antriebs eines Rads könnte mit Hilfe einer oder mehreren Lookup-Tabellen realisiert werden. Insbesondere könnten mehrere Tabellen vorgesehen sein, insbesondere für jede Betriebsart eine, zum Beispiel je nachdem, ob der elektrische Antrieb eine Vorwärts- oder eine Rückwärtsfahrt ausführt. In dieser Tabelle können nun Werte des zu übertragenden Drehmoments als Funktion des Lenkeinschlags des jeweiligen Rads der Vorderachse abgespeichert sein. Auch die Differenz der Mittelwerte der Umfangsgeschwindigkeiten der der Hinterachse des Nutzfahrzeugs zugeordneten Räder zu der Umfangsgeschwindigkeit des entsprechenden Rads könnten darin abgespeichert sein.

In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass beim Überschreiten eines vorgebbaren Drehzahlschwellwerts eines von einem elektrischen Antrieb angetriebenen Rads eine Begrenzung des zu übertragenden Drehmoments dieses Rads vorgesehen ist. Hierdurch wird vor allem verhindert, dass ein elektrischer

Antrieb ein vorgebbares Drehmoment auf das von ihm angetriebene Rad versucht zu übertragen, obwohl dieses Rad, warum auch immer, keinen Kontakt bzw. keine Traktion zum Untergrund hat und daher immer weiter beschleunigt werden würde.

Nun könnte die Ansteuerung der von den elektrischen Antrieben angetriebenen Rädern derart erfolgen, dass erst nach dem Überschreiten eines vorgebbaren Werts eines momentanen Betriebszustands des Nutzfahrzeugs und/oder erst nach einer Bedienereingabe jeweils unterschiedliche Drehmomente den von den elektrischen Antrieben angetriebenen Rädern vorgebbar ist. Diese Art der Ansteuerung stellt in gewisser Weise eine Schwellwertansteuerung dar.

Mit dem erfindungsgemäßen Lenksystem kann eine Ansteuerung der elektrischen Antriebe nicht-linear derart erfolgen, dass bei großen Kurvenradien eine bestmögliche Reifenschonung und/oder dass bei kleinen Kurvenradien ein minimaler Wendekreisdurchmesser erzielbar ist.

Weiterhin könnte eine Differentialsperrung aktivierbar sein, mit welcher gleiche Umfangsgeschwindigkeiten der von den elektrischen Antrieben angetriebenen Räder erzeugbar sind. Dies ist insbesondere für Geradeausfahrten sinnvoll.

Falls eine geringe Richtungsänderung des Nutzfahrzeugs gewünscht sein sollte, könnte diese lediglich durch eine vorgebbare, zu übertragende Drehmomentdifferenz der elektrischen Antriebe erzielbar sein. Ein Lenkeinschlag einer eventuell vorgesehenen mechanischen Lenkeinrichtung des Nutzfahrzeugs kann in diesem Fall unterbleiben.

Es gibt Fahrsituationen, in welchen auf eine im Wesentlichen gleichbleibende äußere Einwirkung auf das Nutzfahrzeug ein Gegenlenken des Nutzfahrzeugs als Reaktion auf diese

Einwirkungen erforderlich ist. Ein Beispiel für eine solche äußere Einwirkung tritt bei einer Fahrt des Nutzfahrzeugs parallel zu einem Hang auf. In einem solchen Fall ist vorzugsweise vorgesehen, dass ein Gegenlenken des Nutzfahrzeugs lediglich durch eine Ansteuerung der elektrischen Antriebe erzielbar ist.

Weiterhin ermöglicht das erfundungsgemäße Lenksystem eine Ansteuerung der elektrischen Antriebe derart, dass eine - für sich gesehen aus dem Stand der Technik bekannte - Fahrstabilisierung des Nutzfahrzeugs erzielbar ist. Hierdurch lassen sich in besonders vorteilhafter Weise die Sicherheitseigenschaften des Nutzfahrzeugs verbessern.

Die eingangs genannte Aufgabe wird in verfahrensmäßiger Hinsicht durch die Merkmale des Patentanspruchs 24 gelöst. Hiernach ist ein Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug dadurch gekennzeichnet, dass zum Unterstützen oder zum Bewirken eines Lenkens des Nutzfahrzeugs das zu übertragende Drehmoment eines kurvenäußersten Rads größer als das zu übertragende Drehmoment eines kurveninneren Rads ist.

Vorzugsweise dient das Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems nach einem der Patentansprüche 1 bis 23, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf den vorangegangenen Teil der Beschreibung verwiesen wird.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung werden

auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen in der einzigen

Figur in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

In der einzigen Figur sind schematisch einzelne Baugruppen eines landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugs 10 gezeigt. Das landwirtschaftliche Nutzfahrzeug 10 ist in Form eines Traktors ausgebildet und umfasst eine Hinterachse 12, welcher die Räder 14 zugeordnet sind. Die Hinterachse 12 des Nutzfahrzeugs 10 wird von einem in Form eines Verbrennungsmotors ausgestalteten mechanischen Antrieb 16 über ein Getriebe und ein Differenzial angetrieben. Das Getriebe und das Differenzial sind der Einfachheit halber als eine Einheit 18 gezeigt.

Das landwirtschaftliche Nutzfahrzeug 10 umfasst eine Vorderachse 20, wobei für jede Achshälfte der Vorderachse 20 des Nutzfahrzeugs 10 ein elektrischer Antrieb 22, 24 vorgesehen ist. Der elektrische Antrieb 22 ist hierbei für die linke Achshälfte, der elektrische Antrieb 24 ist für die rechte Achshälfte der Vorderachse 20 vorgesehen. Mit den elektrischen Antrieben 22, 24 ist jeweils ein Rad 26 der Vorderachse 20 antreibbar.

Das landwirtschaftliche Nutzfahrzeug 10 umfasst ein erfindungsgemäßes Lenksystem, mit welchem ein Lenken des Nutzfahrzeugs unterstützt oder bewirkt werden kann, und zwar indem das zu übertragende Drehmoment eines kurvenäußerem Rads größer als das zu übertragende Drehmoment eines kurveninneren Rads ist. Hierzu ist eine Steuereinrichtung 28 vorgesehen, mit welcher die elektrischen Antriebe 22, 24 über die Steuerleitungen 30, 32 angesteuert werden.

Das vorgebbare Drehmoment, welches von einem elektrischen Antrieb 22 bzw. 24 auf das jeweils angetriebene Rad 26 übertragbar ist, ist einerseits aus dem momentanen Betriebszustand des Nutzfahrzeugs ableitbar. Zum Erfassen des momentanen Betriebszustands des Nutzfahrzeugs sind mehrere Sensoren vorgesehen. Hierzu zählen insbesondere zwei Sensoren 34, welche die Drehzahl der der Hinterachse 12 zugeordneten Räder 14 detektieren. Weiterhin sind Drehzahlsensoren 36 vorgesehen, welche an den elektrischen Antrieben 22, 24 angeordnet sind und mit welchen die Drehzahl der der Vorderachse 20 zugeordneten Räder 26 mittelbar detektierbar sind. Weiterhin ist ein Gierratensor 38 vorgesehen, welcher die Gierrate des Nutzfahrzeugs 10 detektiert mit, wobei die Gierrate mit dem Doppelpfeil bei dem Gierratensor 38 angedeutet ist. Die Lenkeinschlagsensoren 40 detektieren den jeweiligen Lenkeinschlag der mechanischen Lenkeinrichtung 42, welche in Form einer Achsschenkellenkung ausgeführt ist. Die von den Sensoren 34, 36, 38 und 40 detektierten Signale werden über entsprechende Leitungen zu einer elektrischen Einheit 44 geleitet, welche ihrerseits über eine Verbindungsleitung mit der Steuereinheit 28 verbunden ist. Die elektrische Einheit 44 könnte auch in die Steuereinheit 28 eingegliedert werden.

Andererseits ist eine Bedienereingabe über das schematisch angedeutete Lenkrad 46 möglich. Die Bewegungen des Lenkrads 46 werden hierbei der Lenkeinrichtung 48 zugeführt, welche die Zylinder 50 der mechanischen Achsschenkellenkung 42 ansteuern. Die Lenkeinrichtung 48 ist über die Verbindungsleitung 52 mit der Steuereinrichtung 28 des erfindungsgemäßen Lenksystems verbunden. In unmittelbarer Umgebung des Lenkrads 46 ist ein - lediglich schematisch gezeigter - Schalter 54 angeordnet, mit welchem der Bediener des Nutzfahrzeugs 10 unmittelbar das erfindungsgemäße Lenksystem ansteuern kann. Somit werden die vom Schalter 54 erzeugten Signale über die Lenkeinrichtung 48 zur Steuereinrichtung 28 und somit auf die elektrischen Antriebe 22, 24 übertragen.

An der Steuereinrichtung 28 ist eine Empfängerantenne 56 eingezeichnet, mit welcher Signale von einem in der einzigen Figur nicht eingezeichneten Navigationssystem oder von einer Fernsteuerungseinrichtung empfangen werden können.

Die beiden elektrischen Antriebe 22, 24 sind in Form von Asynchronmotoren ausgeführt. In dem in der einzigen Figur dargestellten Betriebszustand des Nutzfahrzeugs 10 weist die mechanische Lenkeinrichtung 42 keinen Lenkeinschlag auf. Ohne das erfindungsgemäße Lenksystem würde das Nutzfahrzeug lediglich geradeaus fahren. Durch Einbeziehung des erfindungsgemäßen Lenksystems sind jedoch auch bei keinem Lenkeinschlag der mechanischen Lenkeinrichtung 42 geringfügige Richtungsänderungen vom Nutzfahrzeug 10 ausführbar, so dass beispielsweise ein Gegenlenken des Nutzfahrzeugs als Redaktion auf eine im Wesentlichen gleichbleibende äußere Einwirkung auf das Nutzfahrzeug aktiv vom Bediener nicht erforderlich ist.

Abschließend sei ganz besonders darauf hingewiesen, dass die voranstehend erörterten Ausführungsbeispiele lediglich zur Beschreibung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Patentansprüche

1. Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug, insbesondere für einen Traktor, wobei für jede Achshälfte einer Achse - vorzugsweise einer Vorderachse (20) - des Nutzfahrzeugs (10) ein elektrischer Antrieb (22, 24) vorgesehen ist, mit welchem mindestens ein, der jeweiligen Achshälfte zugeordnetes Rad (26) antreibbar ist, wobei der elektrische Antrieb (22, 24) derart ansteuerbar ist, dass von dem elektrischen Antrieb (22, 24) ein vorgebbare Drehmoment auf das von ihm angetriebene Rad (26) übertragbar ist, und wobei vorzugsweise die einer mechanischen Antriebsachse - insbesondere einer Hinterachse (12) - des Nutzfahrzeugs (10) zugeordneten Räder (14) mit einem mechanischen Antrieb (18, 18) des Nutzfahrzeugs (10) antreibbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass zum Unterstützen oder zum Bewirken eines Lenkens des Nutzfahrzeugs (10) das zu übertragende Drehmoment eines kurvenäußerem Rads größer als das zu übertragende Drehmoment eines kurveninneren Rads ist.
2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgebbare Drehmoment aus dem momentanen Betriebszustand des Nutzfahrzeugs (10) und/oder aus einer Bedienereingabe ableitbar ist.
3. Lenksystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der momentane Betriebszustand des Nutzfahrzeugs (10) einen Lenkeinschlag einer mechanischen Lenkeinrichtung (42) des Nutzfahrzeugs (10) umfasst, wobei vorzugsweise die mechanische Lenkeinrichtung (42) eine Vorderachslenkung umfasst.

4. Lenksystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Lenkeinrichtung (42) des Nutzfahrzeugs (10) in Form einer Achsschenkellenkung, eines Drehschemels oder eines Knicklenkers ausgebildet ist, wobei vorzugsweise der momentan vorliegende mechanische Lenkeinschlag mit einem Sensor (40) detektierbar ist.
5. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gierratensor (38) vorgesehen ist, mit welchem die Gierrate des Nutzfahrzeugs (10) detektierbar ist, wobei die detektierte Gierrate bei der Drehmomentberechnung einbeziehbar ist.
6. Lenksystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine von einem Bediener des Nutzfahrzeugs (10) bedienbare Eingabeeinrichtung vorgesehen ist, mit welcher eine Richtungsänderung des Nutzfahrzeugs (10) vorgebbar oder beeinflussbar ist.
7. Lenksystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingabeeinrichtung ein Lenkrad (46), einen Joystick, ein Lenkpedal oder mindestens einen an einem Lenkrad (46) des Nutzfahrzeugs (10) angeordneten Schalter (54) aufweist.
8. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgebbare Drehmoment aus einer Abweichung einer Istfahrtrichtung zu einer Sollfahrtrichtung des Nutzfahrzeugs (10) ableitbar ist.
9. Lenksystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollfahrtrichtung des Nutzfahrzeugs (10) anhand einer vorgebbaren Fahrroute ableitbar ist, welche in einer dem Nutzfahrzeug zugeordneten Speichereinheit abspeicherbar ist.

10. Lenksystem nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollfahrtrichtung anhand von Signalen eines Navigationssystems ableitbar ist, welche vorzugsweise von mindestens einem Sender des Navigationssystems zum Nutzfahrzeug fernübertragbar ist.
11. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fernsteuerungseinrichtung vorgesehen ist, welche mindestens einen Sender und einen am Nutzfahrzeug angeordneten Empfänger (56) aufweist, wobei mit der Fernbedienungseinrichtung das Nutzfahrzeug (10) zumindest teilweise fernsteuerbar ist und mit welcher eine gewünschte Richtungsänderung des Nutzfahrzeugs (10) eingebbar ist.
12. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrischer Antrieb (22, 24) mindestens einen elektrischen Motor aufweist, welcher vorzugsweise in Form eines Asynchronmotors ausgeführt ist, und dass vorzugsweise zwischen dem elektrischen Motor und dem ihm zugeordneten Rad (26) mindestens ein Untersetzungsgetriebe vorgesehen ist.
13. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass für jedes Rad (14, 26) ein Drehzahlsensor (34, 36) vorgesehen ist, welcher die momentane Drehzahl des jeweiligen Rads (14, 26) detektiert.
14. Lenksystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drehzahlsensor (36) mittelbar oder unmittelbar an einem elektrischen Antrieb (22, 24) vorgesehen ist.
15. Lenksystem nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das vorgebbare Drehmoment in

Abhängigkeit der detektierten Drehzahlen der einzelnen Räder (14, 26) errechenbar ist.

16. Lenksystem nach einem der Anspruehe 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass beim Errechnen des zu übertragenden Drehmoments eines elektrischen Antriebs (22, 24) eines Rads (26) die Differenz zwischen dem Mittelwert der Umfangsgeschwindigkeiten der mechanischen Antriebsachse (12) des Nutzfahrzeugs (10) zugeordneten Räder (14) und der Umfangsgeschwindigkeit des von diesem elektrischen Antrieb (22, 24) angetriebenen Rads (26) bercksichtigbar ist.
17. Lenksystem nach einem der Anspruehe 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass beim überschreiten eines vorgebbaren Drehzahlschwellwerts eines von einem elektrischen Antrieb (22, 24) angetriebenen Rads (14, 26) eine Begrenzung des zu übertragenden Drehmoments dieses Rads (26) vorgesehen ist.
18. Lenksystem nach einem der Anspruehe 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass erst nach dem überschreiten eines vorgebbaren Werts eines momentanen Betriebszustands des Nutzfahrzeugs (10) und/oder erst nach einer Bedienereingabe jeweils unterschiedliche Drehmomente den von den elektrischen Antrieben (22, 24) angetriebenen Räder (26) vorgebbar ist.
19. Lenksystem nach einem der Anspruehe 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung der elektrischen Antriebe (22, 24) nicht-linear derart erfolgt, dass bei großen Kurvenradien eine bestmögliche Reifenschonung und/oder dass bei kleinen Kurvenradien ein minimaler Wendekreisdurchmesser erzielbar ist.

20. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass eine Differentialsperrung aktivierbar ist, mit welcher gleiche Umfangsgeschwindigkeiten der von den elektrischen Antrieben (22, 24) angetriebenen Räder (26) erzeugbar sind.
21. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine geringe Richtungsänderung des Nutzfahrzeugs (10) lediglich durch eine vorgebbare Drehmomentdifferenz der elektrischen Antriebe (22, 24) erzielbar ist.
22. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gegenlenken des Nutzfahrzeugs (10) als Reaktion auf eine im Wesentlichen gleichbleibende äußere Einwirkung auf das Nutzfahrzeug (10) - beispielsweise bei einer Fahrt parallel zu einem Hang - lediglich durch eine Ansteuerung der elektrischen Antriebe (22, 24) erzielbar ist.
23. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung der elektrischen Antriebe (22, 24) derart erfolgt, dass eine Fahrstabilisierung des Nutzfahrzeugs erzielbar ist.
24. Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug, insbesondere für einen Traktor, wobei für jede Achshälfte einer Achse - vorzugsweise einer Vorderachse (20) - des Nutzfahrzeugs (10) ein elektrischer Antrieb (22, 24) vorgesehen ist, mit welchem mindestens ein der jeweiligen Achshälfte zugeordnetes Rad (26) angetrieben wird, wobei ein elektrischer Antrieb (22, 24) derart angesteuert wird, dass von dem elektrischen Antrieb (22, 24) ein vorgebbares Drehmoment auf das von ihm angetriebene Rad

(26) übertragen wird, wobei vorzugsweise die einer mechanischen Antriebsachse - insbesondere einer Hinterachse (12) - des Nutzfahrzeugs (10) zugeordneten Räder (14) mit einem mechanischen Antrieb (16, 18) des Nutzfahrzeugs (10) angetrieben werden, und wobei vorzugsweise das Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems nach einem der Ansprüche 1 bis 23 dient, dadurch gekennzeichnet, dass zum Unterstützen oder zum Bewirken eines Lenkens des Nutzfahrzeugs (10) das zu übertragende Drehmoment eines kurvenäußeren Rads größer als das zu übertragende Drehmoment eines kurveninneren Rads ist.

Zusammenfassung

Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug und Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems

Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein landwirtschaftliches oder industrielles Nutzfahrzeug, insbesondere für einen Traktor. Für jede Achshälfte einer Achse - vorzugsweise einer Vorderachse (20) - des Nutzfahrzeugs (10) ist ein elektrischer Antrieb (22, 24) vorgesehen, mit welchem mindestens ein der jeweiligen Achshälfte zugeordnetes Rad (26) antreibbar ist. Der elektrische Antrieb (22, 24) ist derart ansteuerbar, dass von dem elektrischen Antrieb (22, 24) ein vorgebares Drehmoment auf das von ihm angetriebene Rad (26) übertragbar ist. Vorzugsweise sind die einer mechanischen Antriebsachse - insbesondere einer Hinterachse (12) - des Nutzfahrzeugs (10) zugeordneten Räder (14) mit einem mechanischen Antrieb (16, 18) des Nutzfahrzeugs (10) antreibbar. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Lenksystems.

Um auch bei Kurvenfahrten des Nutzfahrzeugs (10) von den von den elektrischen Antrieben (22, 24) angetriebenen Rädern (26) Zugkräfte zu übertragen, wobei insbesondere Bremsmomente an diesen Rädern (26) bei bestimmten Lenkeinschlägen vermieden werden sollen, wird vorgeschlagen, dass zum Unterstützen oder zum Bewirken eines Lenkens des Nutzfahrzeugs das zu übertragende Drehmoment eines kurvenäußersten Rads größer als das zu übertragende Drehmoment eines kurveninneren Rads ist.

Fig. 1

